

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Praisny (2014), Meneliti pengaruh penarikan mula satu arah pada *reinforcement fiber panel* terhadap kekuatan tarik. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa penambahan nilai tarikan satu arah (*one direction tension*) pada *reinforcement fiber* berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik komposit. Dimana semakin besar beban *pre-tension* pada material komposit maka kekuatan tariknya cenderung meningkat.

Scherf dan Wagner (1992), dalam risetnya meneliti pengaruh dari pratarik (*pre-tension*) yang diterapkan pada komposit serat tunggal. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa serat pratarik secara signifikan mempengaruhi jumlah potongan-potongan dan juga antar muka kekuatan geser. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa jumlah potongan-potongan serat dalam uji tarik dari komposit meningkat ketika serat pratarik meningkat. Perhitungan tegangan, antar muka kekuatan geser, juga dilakukan oleh Scherf dan Wagner. Perhitungan mereka menunjukkan bahwa kekuatan geser pada antarmuka meningkat sebagai hasil dari pratarik meningkat pada komposit serat tunggal.

Agus Hariyanto (2008) meneliti karakteristik komposit tempurung kelapa bermatrik epoxy ditinjau dari aspek kekuatan tarik dan impak untuk mengetahui sifat mekanik komposit terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak. Dengan variasi fraksi volume  $V_f = 10\%, 20\%, 30\%, 40\%$ , dan  $50\%$  pada diameter partikel  $1\text{mm}$ . Serta variasi diameter partikel ( $\phi_p$ ) =  $1\text{mm}, 2\text{mm}, 3\text{mm}, 4\text{mm},$  dan  $5\text{mm}$ , pada fraksi volume  $V_f = 30\%$ . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan fraksi volume  $10\%, 20\%, 30\%, 40\%$ , dan  $50\%$  dan diameter partikel ( $\phi_p$ ) =  $1\text{mm}, 2\text{mm}, 3\text{mm}, 4\text{mm},$  dan  $5\text{mm}$ , menurunkan kekuatan tarik. Namun meningkatkan kekuatan impak pada fraksi volume  $10\%, 20\%, 30\%, 40\%, 50\%$  dan diameter partikel  $1\text{mm}, 2\text{mm}, 3\text{mm}, 4\text{mm},$  dan  $5\text{mm}$ .

Santoso, meneliti tentang penambahan serbuk tempurung kelapa sebagai alternatif bahan kanvas rem komposit yang dipadukan dengan aluminium dan resin, mendapatkan hasil bahwa serbuk tempurung kelapa meningkatkan kekerasan material komposit tersebut.

## 2.2 Pengertian Material Komposit

Komposit merupakan material campuran dari dua atau lebih material penyusun atau fase yang berbeda. kriteria yang harus dipenuhi bagi material untuk dapat dikatakan sebagai komposit yaitu material penyusun komposit harus mempunyai proporsi jumlah yang jelas, katakanlah lebih besar dari 5 %. Kemudian, material penyusun komposit harus memiliki sifat material yang berbeda dan dapat saling melengkapi (Matthews, 1999)

Komposit merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Komposit mempunyai sifat-sifat yang diinginkan yang tidak dapat diperoleh dari bahan-bahan penyusun (asal) jika bekerja sendiri-sendiri (Gibson 1994).

## 2.3 Material Penyusun Komposit

Pada umumnya komposit terdiri dari dua jenis material penyusun, yaitu:

### 1) Matriks

Matriks merupakan struktur penyusun terbesar dalam sebuah komposit. Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks.

### 2) *Reinforcement* atau *Filler* atau Fiber atau Serat

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Serat adalah bahan pengisi matriks yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matriks yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matriks pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

## 2.4 Klasifikasi Komposit

### 2.4.1 Klasifikasi berdasarkan matriks

#### 1) Komposit Matriks Polimer (KMP)

Komposit Matriks Polimer (KMP) atau *Polimer Matriks Composite (PMC)* merupakan komposit yang menggunakan suatu polimer sebagai matriksnya. Biasanya matriks polimer berbentuk dasar resin cair agar lebih mudah dalam pembentukannya. Polimer yang Banyak Digunakan adalah:

a) Thermoplastic

*Thermoplastic* adalah polimer yang dapat dibentuk ulang. Polimer jenis ini dapat dibentuk dengan pemberian kalor hingga melebur dan dicetak dengan menggunakan cetakan. *Thermoplastic* dapat diilustrasikan seperti lilin yang akan melebur ketika dilelehkan dan kembali mengeras pada proses pendinginan. Secara sederhana pengertian termoplastik adalah jenis plastik yang bisa didaur ulang.

Contoh thermoplastik diantaranya : *Polyethylene*, *Polypropylene*, *Polyvinylchloride*, *Polycarbonate*, dan *Polystyrene*.

b) Thermoset

*Thermoset* merupakan jenis polimer yang hanya dapat dibentuk sekali dibentuk dan tidak dapat dibentuk lagi jika telah rusak. Pembentukan *thermoset* ini dilakukan dengan pemanasan melalui reaksi kimia. Reaksi ini akan mengeraskan material menjadi solid kaku. Setelah terbentuk menjadi sebuah material *thermoset* ini tidak dapat dikembalikan dengan cara pemanasan. Bila dipanaskan kembali polimer jenis *thermoset* akan rusak, karena pembentukannya melalui proses reaksi kimia tertentu.

Contoh *thermosetting* diantaranya : Melamin, *Phenolics*, *Epoxy*, dan *Polyester*.

2) Komposit Matrik Logam (KML)

Komposit Matrik Logam (KML) atau *Metal Matrix Composite (MMC)* adalah komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya. Pada tahun 1996 material KML sendiri mulai dikembangkan.

3) Komposit Matrik Keramik (KMK)

Komposit Matrik Keramik (KMK) atau *Ceramic Matrix Composite (CMC)* merupakan material komposit yang menggunakan matrik dengan bahan keramik. *Reinforcement* yang biasa digunakan pada CMC adalah oksida, nitrid, dan *carbide*.

## 2.4.2 Klasifikasi berdasarkan penguatnya

Berdasarkan penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

### 1) Particulate Composite

*Particulate composite* merupakan komposit yang dibuat dengan penguat berbentuk partikel (serbuk). Kelebihannya dari komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel ini diantaranya:

- a) Dapat digunakan untuk meningkatkan kekerasan material
- b) Cara kerja penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dan penyebaran dislokasi.
- c) Kekuatannya komposit lebih seragam pada berbagai arah

### 2) Fibre Composite

*Fibre Composite* adalah komposit yang menggunakan serat sebagai penguatnya. Fungsi utama dari serat yaitu sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga kekuatan komposit sangat dipengaruhi oleh serat yang digunakan, karena gaya yang diberikan pada komposit akan diterima oleh matrik dan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban yang diberikan secara merata. Oleh karena itu penguat berbentuk serat harus memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriknya. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu :

#### d) *Woven Fiber Composite*

Serat jenis woven berbentuk anyaman, tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik tipe *continuous fiber*.

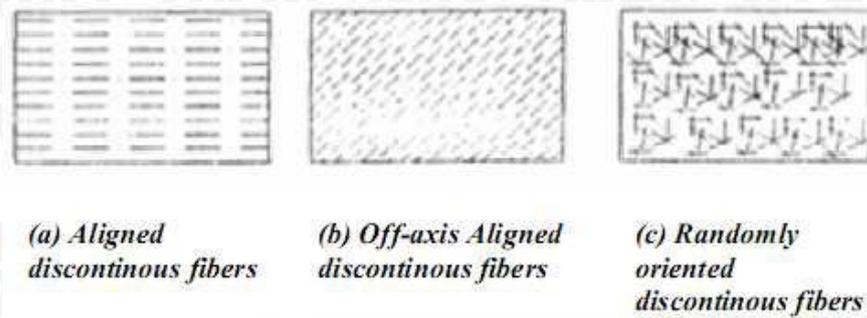
#### e) *Continuous Fiber Composite*

*Continuous* atau *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis serat ini paling banyak digunakan dalam pembuatan komposit. Kekurangan serat jenis ini adalah lemahnya kekuatan antar antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh kekuatan ikat matriksnya.

#### f) *Discontinuous Fiber Composite*

Serat jenis ini merupakan serat pendek yang tersebar secara acak pada komposit. Serat jenis ini memiliki kekurangan yaitu kekuatan mekanik yang

diperoleh masih lebih rendah dibandingkan penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama. Beberapa jenis serat ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Beberapa tipe *discontinuous fiber*

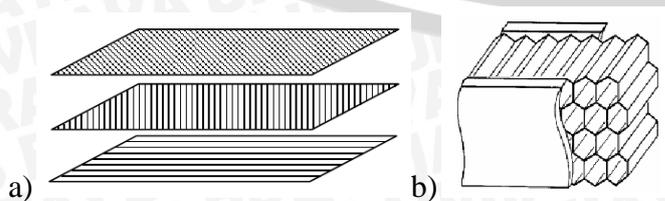
### 3) Hybrid Fiber Composite

*Hybrid fiber composite* merupakan komposit yang dibentuk daridua atau lebih jenis serat yang berbeda, baik jenis maupun strukturnya. Pertimbangan penggunaan komposit jenis ini supaya dapat mengeliminir kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihanannya.

Penggunaan *Hybrid fiber composite* biasanya menggunakan serat alami sebagai salah satu penguatnya. penggunaan komposit berdasar serat berbahan sintetik pada awal pengembangannya banyak menimbulkan masalah yang cukup serius saat ini bagi lingkungan. Sehingga para pelaku industri mulai meneliti penggunaan serat alam (*natural fiber*) karena lebih ramah lingkungan. Selain itu ketersediaan serat alam masih melimpah dan belum dimanfaatkan secara luas.

### 4) Structural composite

*Structural composite* yaitu komposit dengan penguat berbentuk struktur tertentu. Jika ditinjau berdasarkan struktur, Ada dua jenis penguat struktur, yaitu struktur *laminat* dan struktur *sandwich*, ilustrasi dari kedua struktur komposit dapat dilihat pada Gambar 2.2

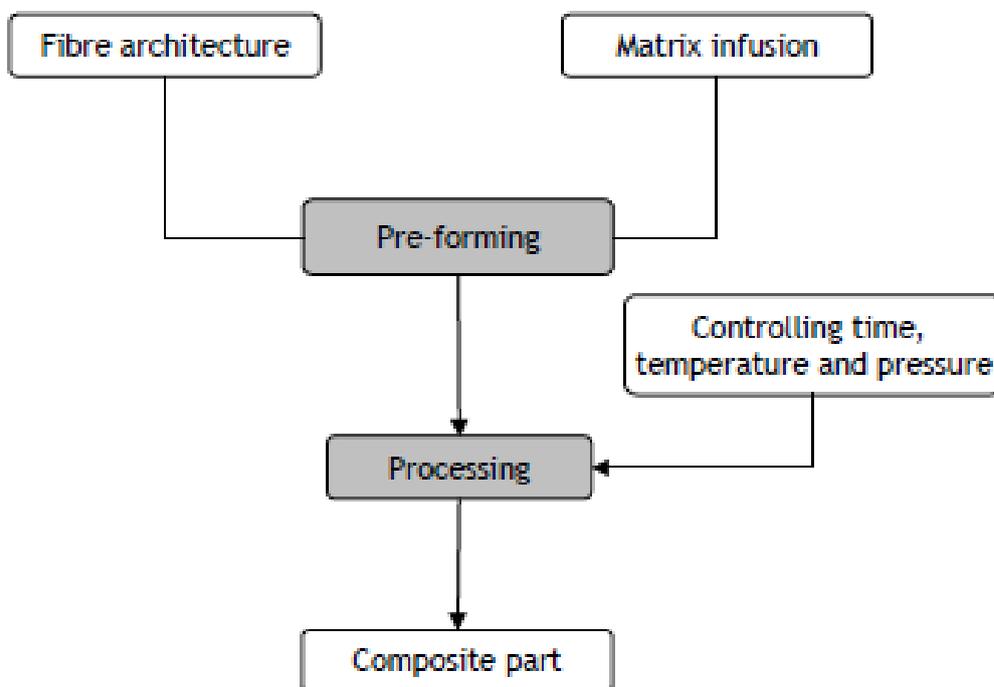


Gambar 2.2. Ilustrasi komposit berdasarkan strukturnya; a)struktur *laminat*, b) struktur *sandwich*

### 2.4.3 Pembentukan Komposit

Material komposit memiliki banyak karakteristik perilaku mekanis yang berbeda-beda dengan berbagai macam bahan rekayasa secara konvensional. Karakteristik tersebut hanyalah hasil yang didapat dari modifikasi secara konvensional. Perilaku komposit bisa didapatkan dengan berbagai macam eksperimental baru dan memerlukan prosedur secara analitis. Secara umum, bahan rekayasa bersifat homogen dan isotropik. Bahan yang bersifat homogen memiliki sifat yang seragam pada seluruh bagiannya dan bersifat independen dari keseluruhan bagiannya. Sedangkan bahan yang bersifat isotropik memiliki sifat yang sama di setiap arah pada titik dalam bagiannya.

Pembuatan komposit secara umum dapat dikategorikan menjadi 2 fase yaitu: *pre-forming* (sebelum pembentukan) dan *processing* (pemrosesan). Bahan utama pembentuk komposit hanya ada 2 yaitu serat dan matriks. Pada fase *pre-forming* serat penguat dan material matriks pengikat disatukan atau dibentuk ke dalam satu bentuk structural. Proses selanjutnya temperature dan tekanan digunakan untuk menyatukan struktur. Pada matriks termoset reaksi kimia yang terjadi memadatkan struktur, sedangkan pada matriks termoplastik menjadi keras setelah terjadi pendinginan dari suhu lelehnya. Berikut adalah skema pembentukan komposit (Krishnamurthy, 2006)



Gambar 2.3. Skema Pembentukan Komposit  
Sumber: *Prestressed Advanced Fibre Reinforced*

#### 2.4.4 Kelebihan Bahan Komposit

Kelebihan bahan komposit berbanding dengan bahan konvensional terdapat dari sifat-sifatnya yang tidak didapatkan pada material konvensional. Kelebihan material komposit pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal, seperti yang uraian dibawah ini :

- Bahan komposit mempunyai *density* yang jauh lebih rendah berbanding dengan bahan homogen.
- Bahan komposit juga lebih baik dari segi *versatility* (berdaya guna
- Perbandingan kekuatan dan berat yang lebih baik dari bahan konvensional
- Koefisien pemuaian material yang rendah
- Mudah dibentuk

#### 2.4.5 Kekurangan Bahan Komposit

- Sulit dibentuk secara plastis
- *Mechanical properties* material sangat dipengaruhi dari proses pembuatannya

#### 2.4.6 Kegunaan Bahan Komposit

Kegunaan bahan komposit sangat luas yaitu untuk :

- a) Industri penerbangan dan angkasa luar seperti komponen pesawat terbang, komponen helikopter, komponen satelit.
- b) Industri *automobile* seperti komponen mesin mobil, badan kereta.
- c) Alat olah raga seperti sepeda, stik golf, raket tenis, sepatu olah raga.
- d) Industri pertahanan seperti komponen pesawat jet tempur, peluru, komponen kapal selam.
- e) Industri kelautan seperti kapal layar, kapal transportasi.

#### 2.5 Rule Of Mixtures

Dalam ilmu material aturan secara umum untuk mencampur 2 atau lebih material menjadi komposit disebut dengan *rule of mixtures*, yang digunakan untuk memprediksi secara teoritis dari material *properties* dari komposit yang terdiri dari *filler* dan *matrix*. Hal ini memberikan teori prediksi material *properties* secara maksimum dan minimum yang

dapat dicapai material *properties* komposit. Rumus yang digunakan untuk menghitung kekuatan tarik dan modulus elastisitas sebagai berikut :

$$\sigma_c = \sigma_f v_f + \sigma_m v_m \quad (2-1)$$

$$E_c = E_f v_f + E_m v_m \quad (2-2)$$

Keterangan :

$\sigma_c$  = Kekuatan komposit (MPa)

$\sigma_f$  = Kekuatan *fiber* (MPa)

$\sigma_m$  = Kekuatan matrik (MPa)

$E_c$  = Modulus elastisitas komposit (MPa)

$E_f$  = Modulus elastisitas *fiber* (MPa)

$E_m$  = Modulus elastisitas matrik (MPa)

$V_f$  = Fraksi volume *fiber* (%)

$V_m$  = Fraksi volume matrik (%)

## 2.6 Vinylester / Ripoxy™ R-802EX

Vinyl Ester, atau vinylester, adalah resin yang dihasilkan oleh esterifikasi suatu resin epoksi dengan asam monokarboksilat jenuh. Produk reaksi kemudian dilarutkan dalam pelarut reaktif, seperti *sTirena*, untuk konten 35-45 persen berat.

Tabel 2.1. Perbandingan karakteristik ripoxy™ dengan epoxy resin dan unsaturated polyester resins

	Epoxy resin	Ripoxy™	Polyester resin
<b>Workability</b>	Fair	Good to excellent	Excellent
<b>Hardness</b>	Low to high	Low to high	Low to high
<b>Mechanical properties (toughness)</b>	Excellent	Excellent	Good
<b>Electric properties</b>	Excellent	Excellent	Excellent
<b>Heat distortion temp.</b>	<100°C	<150°C	<150°C
Acids	Fair to good	Excellent	Excellent
<b>Chemical</b>			
Alkalis	Excellent	Good to excellent	Poor to good
<b>resistance</b>			
Solvents	Fair	Good to excellent	Good
Oxidizing acids	Poor	Good to excellent	Fair to excellent
<b>Wheater resistance</b>	Fair	Fair to good	Fair to good
<b>Curing Shrinkage percentage (vol.%)</b>	<5	7 – 9	7 – 9
<b>Photocuring properties</b>	Poor to good	Excellent	Good

Sumber :(Showa Denko K.K) atas kebaikan PT.Justus Kimia Raya

Pada penelitian kali ini resin yang digunakan adalah vinyl ester ripoxy™ R-802EX produksi Showa Highpolymer Co., Ltd. Dimana ripoxy™ mengkombinasikan *cured properties* dari epoxy resin dan *workability* dari *unsaturated polyester resins*. Karakteristik dari resin ini diantaranya:

Tabel 2.2. *Physical properties of cured resins*

Test Item	Unit	Ripoxy™ R-802EX
<b>Liquid Property</b>		
Viscosity	dPa – s/25°C	4~6
Density	g/cm <sup>3</sup>	1.134
<b>Properties of cast resin*<sup>1</sup></b>		
Tensile strength* <sup>2</sup>	MPa	80
Tensile modulus* <sup>2</sup>	GPa	3.0
Tensile elongation* <sup>2</sup>	%	6.0
Flexural strength* <sup>2</sup>	MPa	130
Flexural modulus* <sup>2</sup>	GPa	2.8
Compressive strength / yield point	(MPa)	120
Impact strength (Charpy)	KJ/m <sup>3</sup>	6.9
Fatigue life* <sup>4</sup>	Times	500
Curing shrinkage percentage	%	7.8
<b>FRP Properties*<sup>5</sup></b>		
Tensile strength* <sup>6</sup>	MPa	102
Tensile modulus* <sup>6</sup>	GPa	6.3
Tensile elongation* <sup>6</sup>	%	2.3
Flexural strength* <sup>7</sup>	MPa	132
Flexural modulus* <sup>7</sup>	GPa	6.1

Sumber : (Showa Denko K.K) atas kebaikan PT. Justus Kimia Raya

\*<sup>1</sup> : Cured conditions 328E 1.2phr, 6% cobalt naphthenate 0.3phr; post-cure at 120°C for 2 hours after one-day at room temperature

\*<sup>2</sup> : JIS K 6911-1995

\*<sup>3</sup> : ASTM D648

\*<sup>4</sup> : Bending width 0-1.5mm. frequency 5Hz

\*<sup>5</sup> : *Laminated constitution* : SM+#450CSM 3 ply+SM, glass content 30%.

Cured conditions: 55% MEKPO 1.0phr, 6% cobalt naphthenate 0.3phr; post-cure at 120°C for 2 hours after one-day at room temperature.

\*<sup>6</sup> : JIS K 7054-1995

\*<sup>7</sup> : JIS K 7171-1994 (ISO 178-1994)

## 2.7 C-glass

Serat gelas (*glass fiber*) adalah bahan yang tidak mudah terbakar. Serat jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat matrik jenis polimer. Komposisi kimia serat gelas sebagian besar adalah SiO dan sisanya adalah oksida-oksida *aluminium (Al)*, *kalsium (Ca)*, *magnesium (Mg)*, *natrium (Na)*, dan unsur-unsur lainnya (Santoso, 2002).

Tabel 2.3. *Properties of glass fiber*

<b>Area Weight</b>	<b>600 ± 10g/m<sup>2</sup></b>
<b>Moisture</b>	1% Max
<b>Loss of Ignition</b>	0,5 ± 0,2
<b>Type of glass</b>	C-glass
<b>Density g/cm<sup>3</sup></b>	
<b>Warp</b>	3,0 ± 0,3
<b>Weft</b>	2,9 ± 0,3
<b>Breaking Strength N</b>	
<b>Warp</b>	3500 ± 100
<b>Weft</b>	3100 ± 100
<b>Oil Content</b>	0,5-2,0%

Sumber : PT. Justus Kimia Raya

## 2.8 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa terletak dibagian dalam buah kelapa setelah sabut. Tempurung ini merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan antara 3-5mm. sifat kerasnya disebabkan oleh kandungan silikat (SiO<sub>2</sub>) yang terdapat pada tempurung tersebut. Prosentase tempurung kelapa berkisar antara 15% - 19% dari total berat buah kelapa. (Pangkulun, 1999).



a.



b.

Gambar 2.4. a) tempurung kelapa ; b) serbuk tempurung kelapa

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Chereminisoff komposisi kimia tempurung kelapa adalah seperti berikut:

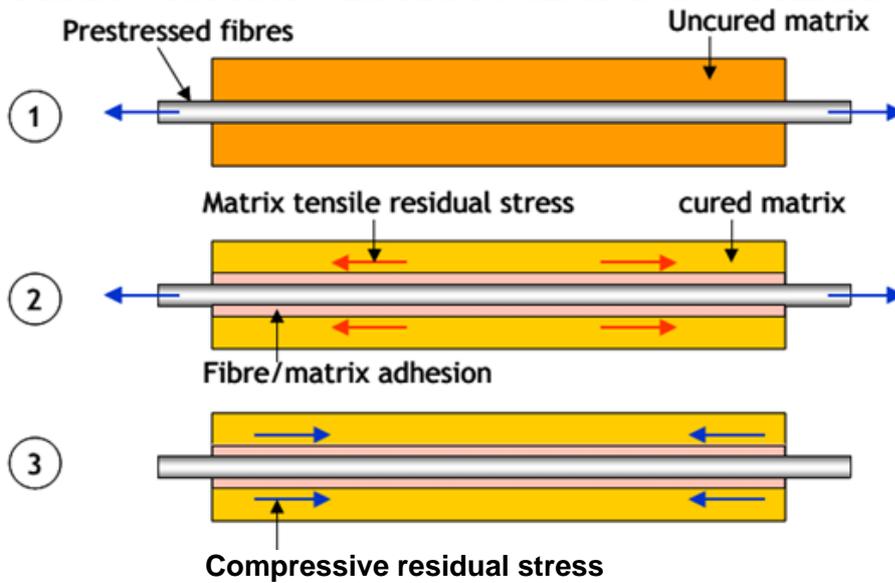
- a) Selulosa 26,60%,
- b) Pentosan 27,70%,
- c) Lignin 29,40%,
- d) Abu 0,60%,
- e) Solvent ekstraktif 4,20%,
- f) Uronat anhidrat 3,50%,
- g) Nitrogen 0,11%,
- h) Air 8,00%

Selama ini tempurung kelapa hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar. dalam bentuk tempurung kering atau arang tempurung. Tempurung, di samping dipergunakan untuk pembuatan arang, juga dipergunakan untuk pembuatan arang aktif, yang mempunyai kemampuan mengabsorpsi gas dan uap. Di samping itu arang aktif dapat dipergunakan sebagai kedok gas, filter rokok, ekstraksi bensin dari gas alam, pemurnian gas, menghilangkan bau limbah hasil buangan industri, bahan dasar pembuatan bateray, dan sebagainya. Arang aktif juga mampu menghilangkan warna dalam larutan, sehingga dapat dipergunakan untuk pemucatan minyak nabati, dekolonisasi larutan gula dan sebagainya.

## 2.9 *Pre-tension*

*Pre-tension* atau prategang pada komposit merupakan salah satu bentuk dari metode *prestress*, yaitu metode penciptaan tegangan dalam secara permanen dengan sengaja untuk meningkatkan kekuatan struktur komposit terhadap berbagai macam gaya luar yang diberikan *pre-tension* sendiri merupakan cara dalam menciptakan tegangan dalam permanen dengan cara penarikan penguat sebelum proses pengecoran dengan tegangan tertentu.

Penerapan metode *pre-tension* dapat dilihat pada gambar 2.5 dimana sebelum matriks tuangkan dilakukan fiber ditarik dengan gaya tertentu diawah batas elastis dari fiber. Kemudian matriks dituangkan hingga mengering dan matriks melekat pada fiber. Setelah matriks mengering gaya tarik dilepaskan, fiber akan memberikan gaya reaksi yang arahnya berlawanan dengan arah *tension* sehingga terjadi *compressive residual stress* pada struktur komposit merupakan salah satu bentuk dari *residual stress*. *Residual stress* atau tegangan sisa merupakan tegangan yang terjadi dalam suatu material setelah gaya luar ditiadakan.



Gambar 2.5. Skema ilustrasi *pre-tension*; 1) fiber ditarik dengan gaya keluar; 2) matriks merekat pada fiber dan menghasilkan tegangan tarik; 3) gaya dilepaskan dari fiber setelah matriks mengering dan menghasilkan *compressive residual stress*

Sumber : (*Prestressed Advanced Fibre Reinforced Composite : Fabrication and Mechanical Performance*, 2006)

Dengan asumsi proses diatas membentuk ikatan sempurna antara fiber dan matrik dan fiber memberikan reaksi tegangan sempurna terhadap tegangan yang diberikan tegangan yang terdapat pada fiber saat diberikan *pretension* dapat dilakukan dengan persamaan berikut (Khrisnamurty, 2006):

$$\sigma_f = \sigma_f^p \quad (2-3)$$

$$\sigma_f^p = \frac{F_p}{A_f} \quad (2-4)$$

Keterangan:

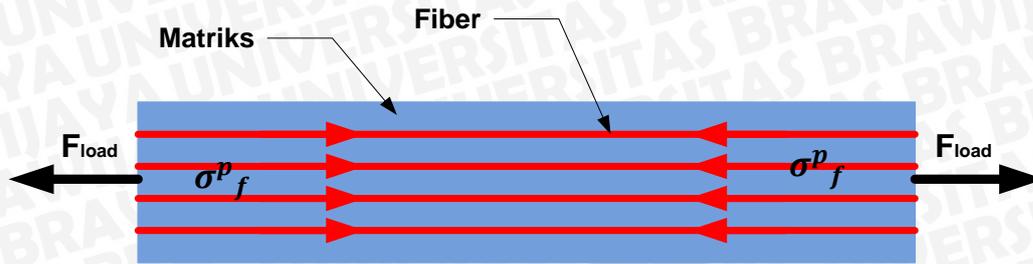
$\sigma_f$  = Tegangan pada fiber (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_f^p$  = Tegangan *prestress* pada fiber (N/mm<sup>2</sup>)

$F_p$  = Gaya tarikan fiber (N)

$A_f$  = Luas penampang fiber (mm<sup>2</sup>)

*Compressive residual stress* yang terbentuk pada komposit *prestress* memiliki arah gaya yang berlawanan dengan arah gaya tarikan sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Skema arah gaya pada *fiber pretension*

Hadi dan Ashton juga memprediksi kekuatan tarik dari komposit *prestressed* dari teori *rule of mixture* dengan menggunakan komposit serat *unidirectional* sebagai berikut:

$$\sigma_c^p = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m + \sigma_f^p V_f \quad (2-5)$$

Keterangan :

$\sigma_c^p$  = Kekuatan komposit *prestressed* (MPa)

$\sigma_f$  = Kekuatan *fiber* (MPa)

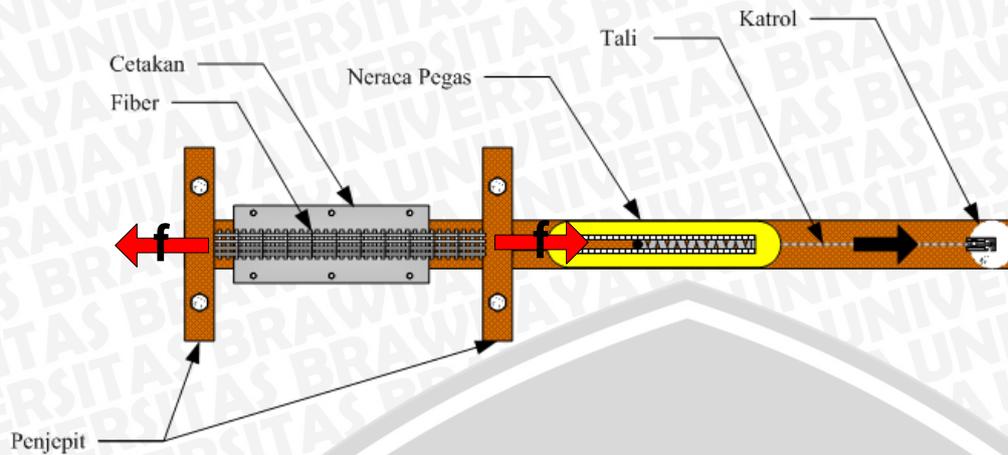
$\sigma_m$  = Kekuatan matrik (MPa)

$\sigma_f^p$  = Tegangan *prestress* pada fiber (Mpa)

$V_f$  = Fraksi volume *fiber* (%)

$V_m$  = Fraksi volume matrik (%)

Dalam penelitian ini pemberian pre-tension dilakukan dengan neraca pegas seperti pada gambar 2.7. fiber yang sudah diletakan pada cetakan dijepit di kedua sisinya lalu ditarik dan ditahan sampai neraca pegas menunjukkan beban tertentu sesuai ketegangan yang diinginkan, baru kemudian dilakukan proses *curing*. Setelah matriks kering barulah tarikan pada serat dilepas, sehingga serat akan mencoba kembali ke bentuk asalnya dan menekan keseluruhan struktur komposit. Tekanan dari serat yang menegang tersebut akan menimbulkan tegangan dalam permanen yang akan membantu struktur menahan beban dari luar.



Gambar 2.7. Skema pemberian *pretension* pada fiber

## 2.10 Pengujian Tarik

Sifat-sifat bahan teknik secara umum dapat diketahui melalui uji tarik. Sifat bahan perlu diketahui secara baik karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan sesuai dengan kebutuhan dan keadaan. Sifat-sifat bahan yang diinginkan sangat banyak, diantaranya adalah sifat-sifat mekaniknya yang berkaitan erat dengan kekuatan bahan. Salah satu pengujian dari sifat-sifat mekanik bahan adalah pengujian tarik, karena deformasi bahan yang disebabkan oleh beban tarik adalah dasar pengujian dan kajian mengenai kekuatan bahan. Hal ini disebabkan oleh beberapa alasan, yaitu (Zainuri, 2008):

- Mudah dilakukan
- Menghasilkan tegangan merata pada penampang
- Kebanyakan bahan lebih mudah dilakukan uji tarik daripada uji tekan, sehingga dalam pengujian bahan teknik kekuatan paling sering dinyatakan dengan uji tarik

. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing machine* seperti pada gambar 2.8.(Standar ASTM D 3039).



Gambar 2.8. Pengujian kekuatan tarik  
Sumber : (Zainuri, 2008)

$$P = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{P}{A} \quad (2-6)$$

Keterangan :

P = Beban (N)

A = Luas penampang ( $\text{mm}^2$ )

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Proporsional pada grafik tegangan-tegangan hasil uji tarik komposit. (Surdia, 2003).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-7)$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = Regangan (mm/mm)

$\Delta L$  = Pertambahan panjang (mm)

$L_0$  = Panjang daerah ukur (*gage length*) (mm)

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan

antara tegangan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan (Surdia, 2003).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2-8)$$

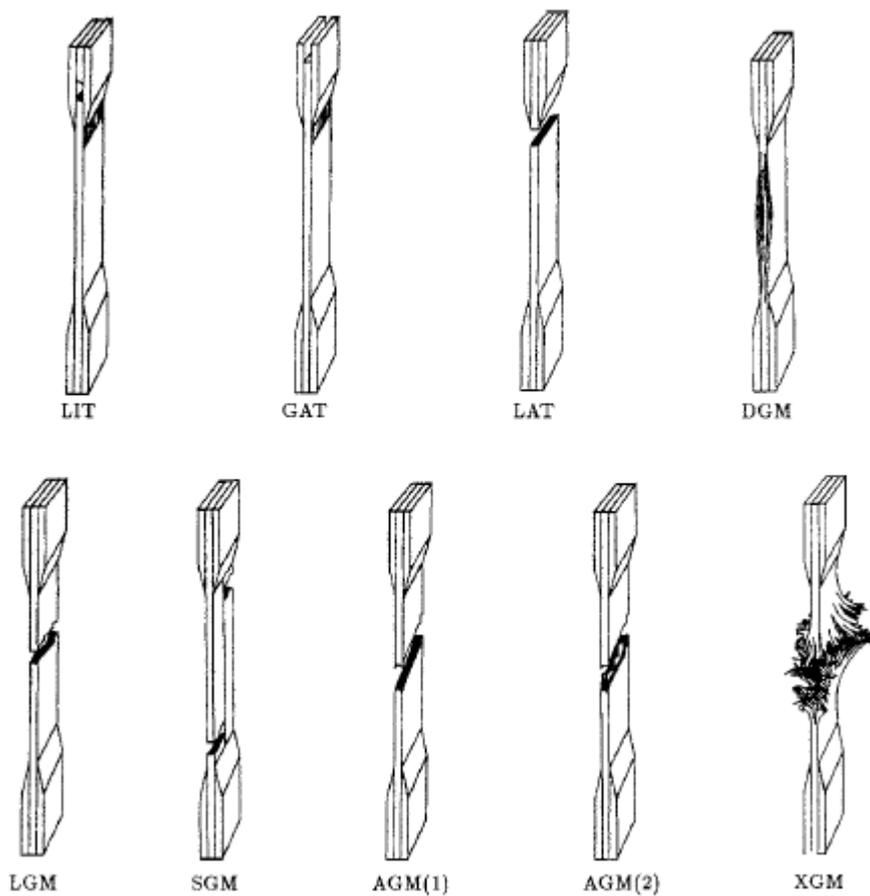
Keterangan :

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\epsilon$  = Regangan (mm/mm)

Jenis Patahan spesimen setelah diuji



Gambar 2.9. Jenis patahan spesimen komposit  
Sumber : ASTM D3039

Tabel 2.4. Kode patahan uji tarik komposit

First Character		Second Character		Third Character	
Failure Type	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Angled	A	Inside grip / tab	I	Bottom	B
Edge Delamination	D	At grip / tab	A	Top	T
Grip / tab	G	<1W froan grip / tab	W	Left	L
Lateral	L	Gage	G	Right	R
Multi-mode	M (xyz)	Multiple areas	M	Middle	M
Long. Splitting	S	Various	V	Various	V
Explosive	X	Unknown	U	Unknown	U
Other	O				

Sumber: ASTM D3039

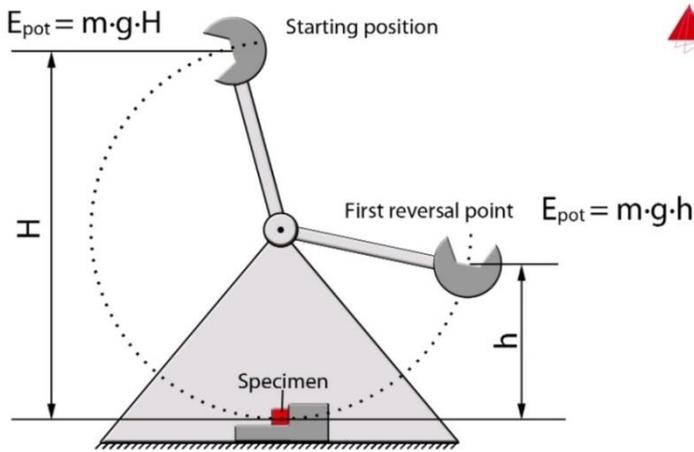
### 2.11 Pengujian Impact

Pengujian impact bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impact terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu *Charpy* dan *Izod*. Pada pengujian standar *Charpy* dan *Izod*, dirancang dan masih digunakan untuk mengukur energi impact yang juga dikenal dengan ketangguhan takik (*notch toughness*). Untuk pengujian *impact* kali ini dilakukan dengan standar pengujian ASTM D 6110 – 04 .



Gambar 2.10. Mesin uji *impact* sederhana (tipe *charpy*)

ASTM D 6110 – 04 merupakan metode tes standar untuk menentukan ketangguhan takik spesimen plastik pada pengujian charpy yang dikeluarkan oleh ASTM International. Metode tes ini digunakan untuk menentukan ketahanan plastic terhadap kerusakan oleh *flexural shock* yang dilakukan oleh palu pendulum pada mesin pengujian standar *impact*.



Gambar 2.11. Dasar perhitungan kekuatan impact

Perhitungan mencari kekuatan *impact* specimen berdasarkan ASTM D 6110 – 04 adalah sebagai berikut :

$$E = Pd [(\cos\beta - \cos\alpha) - (\cos\alpha' - \cos\alpha)(\alpha + \beta / \alpha + \alpha')] \quad (2-9)$$

Keterangan :

E = energi yang diserap setelah tumbukan(J)

Pd = pendulum momen (Nm)

$\alpha$  = sudut akhir (o)

$\alpha'$  = sudut pendulum tanpa beban (o)

$\beta$  = sudut akhir aktual (o)

$$ak = \frac{E}{bk \times d} \quad (2-10)$$

Keterangan :

ak = kekuatan impact (J/mm<sup>2</sup>)

bk = kedalaman takik (mm)

d = ketebalan spesimen (mm)

## 2.12 Hipotesis

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya beserta tinjauan pustaka diatas didapatkan hipotesis awal yaitu; dengan pemberian *pre-tension* pada proses pembuatan material komposit hybrid akan meningkatkan kekuatan tarik dan *impact* material komposit.

